



Творчество
и иновации

Европейска година 2009

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО,
МЛАДЕЖТА И НАУКАТА**

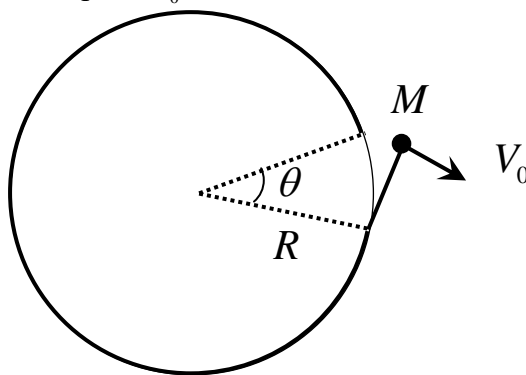
Национално есенно състезание по физика

Варна, 31 октомври 2009 г.

Специална тема

Задача 1. *Развиване на кабел*

На идеално гладка хоризонтална плоскост лежи малка шайба с маса M , свързана с дълъг, тънък и безмасов кабел с дължина L_0 , другият край на който е свързан с вертикален цилиндричен стълб с радиус R (Фигура 1). Първоначално кабелът е изцяло намотан върху цилиндъра, но започва да се развива, когато на шайбата ѝ се предава начална скорост V_0 .



Фигура 1

- а) *Запазва ли се моментът на импулса на шайбата и ако не, кой е законът който се запазва? Защо? [2т]*
- б) *Намерете за колко време кабелът изцяло ще се развие от цилиндъра. [3т]*
- в) *Намерете уравнението на движение от гледна точка на обобщения ъгъл θ на завъртане, спрямо началното положение (Фигура 1), като функция на времето. [4т]*
- г) *Какво ще се случи, когато кабелът изцяло се развие, ако той е достатъчно здрав и добре закрепен към цилиндъра? [1т]*

Задача 2. *Съотношение за неопределеност*

Съотношението за неопределеност позволява много често да се правят бързи оценки, без да се търси точно решение на разглежданите задачи. По-често съотношението за неопределеност се дава за импулса и координатата ($\Delta p \Delta x \geq \hbar$), но понякога е удобно да се използва съотношението за неопределеност между енергията и интервала време ($\Delta E \Delta t \geq \hbar$). **Използвайки съотношението за неопределеност между енергията и интервала време, решете следващите подточки:**

а) **Намерете масата на преносителя на силното взаимодействие (в електрони маси).** За целта считайте, че радиусът на действие на силното взаимодействие е $R \sim 10^{-15} \text{ m}$, а скоростта, с която се движи преносителят на силното взаимодействие, е от порядъка на скоростта на светлината. [3т]

б) Ако приемете, че масата на преносителя на гравитационното взаимодействие (гравитона) е нула, и че скоростта, с която се движи преносителят на гравитационното взаимодействие е от порядъка на скоростта на светлината, то **намерете радиуса на действие на гравитационното взаимодействие** [3т].

в) Когато става дума за точността, с която законът на Кулон установява зависимостта на електричната сила F от разстоянието r между зарядите, той обикновено се записва във вида:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^{2+n}}$$

и се търси горна граница за поправката n . Косвената проверка на закона на Кулон се опира на едно от важните следствия на квантовата електродинамика: фотонът, посредник при електромагнитните взаимодействия, е безмасова частица, само ако поправката n в знаменателя на закона е нула, т. е. ако електричната сила е точно обратно пропорционална на квадрата от разстоянието между зарядите.

Използвайки съотношението за неопределеност на енергията и интервала време, определете по порядък точността, с която експериментално може да се провери минималната възможна горна граница на масата на фотона [4т], и следователно косвено да се намери максималната точност, с която може да се определи закона на Кулон.

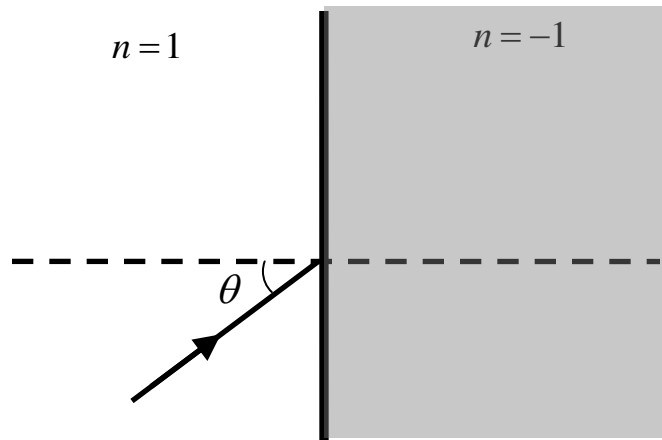
Фундаментални физични величини:

- скоростта на светлината във вакуум, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$;
- редуцирана константа на Планк, $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$;
- масата на електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$;
- възрастта на Вселената 10^{10} години.

Задача 3. Материали с отрицателен показател на пречупване

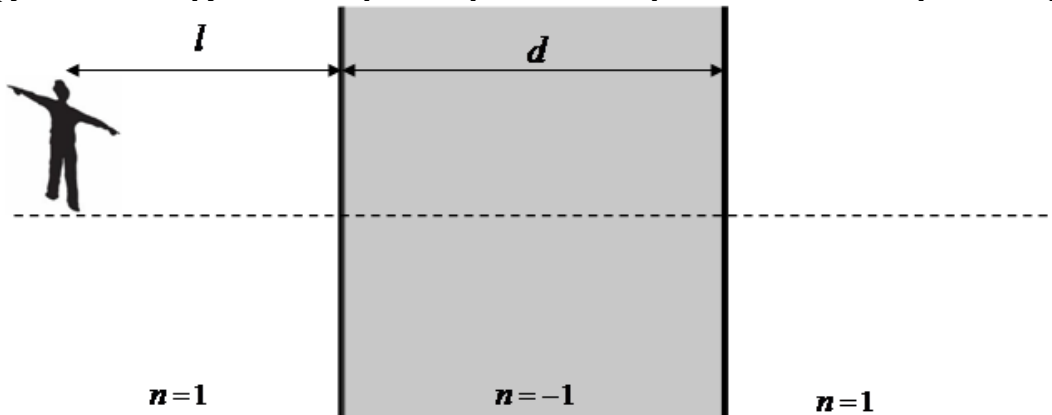
Особено модерно в последното десетилетие е създаването на така наречените метаматериали. Това са изкуствени материали, проектирани да имат свойства, които не са достъпни в природата. Един типичен пример за метаматериал, е материал с едновременно отрицателна диелектрична и магнитна проникваемост. Като следствие, такъв материал има и отрицателен показател на пречупване.

а) **Продължете хода на лъча от Фигура 2 и кажете на колко е равен ъгълът на пречупване**, ако средата отляво на равнината на падане, е въздух с показател на пречупване $n = 1$, а отдясно средата е метаматериал с показател на пречупване $n = -1$. [2т]



Фигура 2

б) Плоско паралелна пластина с дебелина d е направена от метаматериал с показател на пречупване $n = -1$ и е поставена във въздух с показател на пречупване $n = 1$. Във въздуха, на разстояние l ($l < d$) от първата стена на пластината, е поставен предмет (Фигура 3). **Покажете, че пластината създава два реални образа на предмета, единият от които е вътре в самата пластина, а другият е от другата ѝ страна. Правили или обърнати са двата образа?** [2т]



Фигура 3

в) **За предишната подточка намерете разстоянието на образите до втората стена на пластината** [2т].

г) За материали с отрицателен показател на пречупване е известно, че векторът на Пойнтинг (векторът, който показва посоката на енергийния поток - посоката на разпространение на светлината) и вълновият вектор (векторът, който показва посоката на импулса) имат противоположни посоки, докато за материали с положителен показател на пречупване, векторът на Пойнтинг и вълновият вектор имат еднакви посоки.

В някои практики се използват среди, които са с отрицателен показател на пречупване за честота ω , и едновременно с това имат положителен показател на пречупване за честота 2ω .

Определете посоката на фотон с честота 2ω , роден от сливането на два фотона с честоти ω (разпространяващи се в една посока) в такава среда. [4т]